

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-336202

(43)Date of publication of application : 17.12.1996

(51)Int.Cl.

B60L 3/00
G01R 31/36
H01M 10/48
H02J 7/00

(21)Application number : 07-138340

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 05.06.1995

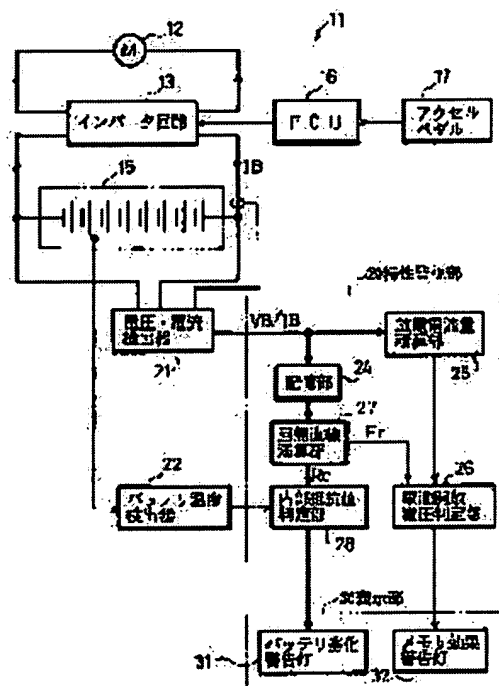
(72)Inventor : KINOSHITA NAOKI

(54) BATTERY STATE DECISION UNIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a battery state decision unit in which the memory effect and/or deterioration of a battery (service life) can be detected even under the operating state of a battery having current and voltage values variable frequency during discharge, e.g. a battery mounted on electric automobile.

CONSTITUTION: The detection value VB/IB of a voltage/current detector 21 is stored at a memory section 24 at a plurality of moments of time in the discharge process of a battery 15 and a regression line operating section 27 determines the inner resistance R_c and open voltage (no-load voltage, electromotive force) E_c of the battery 15. Consequently, the memory effect can be detected based on the lowering of battery open voltage E_c under operating state of a battery 15 having current value IB and voltage value VB variable frequently during discharge and deterioration of the battery 15 can be determined based on the increase of inner resistance R_c .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.11.2001

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-336202

(43)公開日 平成8年(1996)12月17日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L 3/00			B 6 0 L 3/00	S
G 0 1 R 31/36			G 0 1 R 31/36	A
H 0 1 M 10/48			H 0 1 M 10/48	P
H 0 2 J 7/00			H 0 2 J 7/00	Y

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平7-138340

(22)出願日 平成7年(1995)6月5日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 木下 直樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

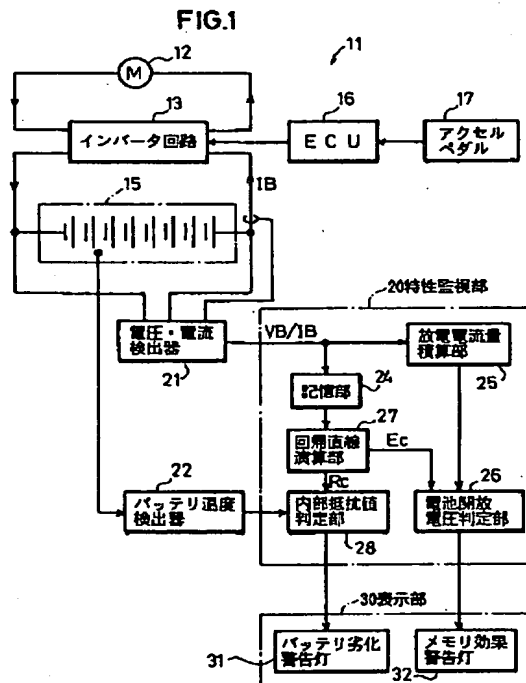
(74)代理人 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

(54)【発明の名称】 電池状態判別装置

(57)【要約】

【目的】電気自動車に搭載されるバッテリー等、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果および(または)電池の(寿命)劣化を検出することを可能とする。

【構成】電圧・電流検出器21の検出値VB/IBを電池15の放電過程の複数の時点で記憶部24に記憶し、回帰直線演算部27により電池15の内部抵抗値Rcと電池開放電圧(無負荷電圧、電池起電圧)Ecを求めるようにしている。このため、放電中に、電流値IB、電圧値VBが頻繁に変化する電池15の使用状態においても電池開放電圧Ecの低下からメモリ効果を判別でき、一方、内部抵抗値Rcの上昇から電池15の劣化を判別することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】電気推進車両に動力源として搭載されるニッケル系2次電池の電池状態を判別する電池状態判別装置において、

前記電池の電圧値を検出する電圧センサと、
前記電池から負荷に流れる電流値を検出する電流センサと、

前記電圧センサと前記電流センサのそれぞれの検出値を前記電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリと、
このメモリに記憶した検出値に基づいて前記電池の内部抵抗値と前記電池の開放電圧値を演算し、前記電池内部抵抗値に基づいて前記電池の劣化を判別し、前記電池開放電圧値に基づいて前記電池のメモリ効果を判別する処理手段と、

を備えることを特徴とする電池状態判別装置。

【請求項2】前記処理手段により前記電池の劣化およびメモリ効果を判別したときに、前記電池の劣化とメモリ効果のそれぞれの判別結果を表示する表示装置を備えることを特徴とする請求項1記載の電池状態判別装置。

【請求項3】前記処理手段は、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池内部抵抗値と前記電池開放電圧値とを求めることを特徴とする請求項1または2記載の電池状態判別装置。

【請求項4】電気推進車両に動力源として搭載されるニッケル系2次電池の電池状態を判別する電池状態判別装置において、

前記電池の電圧値を検出する電圧センサと、
前記電池から負荷に流れる電流値を検出する電流センサと、

前記電圧センサと前記電流センサのそれぞれの検出値を前記電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリと、
このメモリに記憶した検出値に基づいて前記電池の内部抵抗値を演算し、この電池内部抵抗値に基づいて前記電池の劣化を判別する処理手段と、

を備えることを特徴とする電池状態判別装置。

【請求項5】前記処理手段は、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池内部抵抗値を求めることを特徴とする請求項4記載の電池状態判別装置。

【請求項6】電気推進車両に動力源として搭載されるニッケル系2次電池の電池状態を判別する電池状態判別装置において、

前記電池の電圧値を検出する電圧センサと、
前記電池から負荷に流れる電流値を検出する電流センサと、

前記電圧センサと前記電流センサのそれぞれの検出値を前記電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリと、
このメモリに記憶した検出値に基づいて前記電池の開放電圧値を演算し、この電池開放電圧値に基づいて前記電池のメモリ効果を判別する処理手段と、

を備えることを特徴とする電池状態判別装置。

【請求項7】前記処理手段は、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池開放電圧値を求めることを特徴とする請求項6記載の電池状態判別装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、電気自動車等の電気推進車両に動力源として搭載されるニッケルカドミウム2次電池またはニッケル水素2次電池 (nickel-metal hydride secondary battery) 等の、いわゆるニッケル系2次電池の状態を判別する電池状態判別装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電気推進車両の規定の出力は、バッテリー電圧（以下、電池電圧ともいう。）がある一定の電圧以上に保持されているときの出力として定義される。

【0003】そして、図10に示すように、電気推進車両の規定の出力が確保できる一定の最小電圧を放電終止電圧Vdeと設定した場合、放電開始後、バッテリー電圧VBが、その放電終止電圧Vdeまで下がったとき（VB=Vde）の放電容量Pの値P=P0を使用可能な許容放電容量としている。

【0004】バッテリー電圧VBが放電終止電圧Vdeになるまでは、電気推進車両の規定の出力が保持できるが、これ以下の電圧では、規定の出力を保持することができなくなる。

【0005】規定の出力を保持することができなくなった場合の具体的に不都合な状態としては、バッテリー電圧VBが放電終止電圧Vde以下の状態になった場合において、例えば、運転者は、それまでの感覚でアクセルペダルを踏んでも加速性が悪くなったと感じ、また、アクセルペダルをさらに踏み込んでも感覚に合った所望の加速力が得られないという、いわゆる官能性低下の問題が発生する。

【0006】このように放電容量Pが増加して残存容量が少ないときに、バッテリー電圧VBが規定の放電終止電圧Vdeより低下して官能性低下の問題が発生した場合には、通常、バッテリーの交換を行う必要がある。

【0007】ところで、一般的に、バッテリー電圧VBの低下の原因として、経年変化によるバッテリーの劣化を原因とするものが知られている。この経年変化によるバッテリーの劣化は、周知のように、バッテリーの充放電を繰り返すことでバッテリーの内部抵抗値が徐々に高くなり、負荷時にバッテリー電圧が低下する現象として現れる。

【0008】また、経年変化以外の他のバッテリー電圧の低下の原因として、ニッケル水素2次電池等のニッケル極を正極とするアルカリ溶液を用いた、いわゆるニッケル系2次電池においては、メモリ効果を原因とするものが知られている。メモリ効果は、放電深度（DOD : depth of discharge）の浅い充放電サイクルを繰り返した

10

20

30

40

50

後、深い放電を行うと放電時の電圧が階段状に低下する現象である。

【0009】図11は、メモリ効果の発生したバッテリーの放電特性を、バッテリー電圧 $V_B = V_{B1}$ の実線で示している。図11から分かるように、バッテリーにメモリ効果が現れた場合には、放電容量 P が $P = P_1$ の点でバッテリー電圧 V_{B1} が放電終止電圧 V_{de} よりも低下し、その点以降の点では、電気推進車両の規定の出力が確保できなくなってしまう。結局、放電容量 P が許容放電容量 P_0 から許容放電容量 P_1 に放電容量が ΔP だけ低下し

10

てしまうという、いわゆるバッテリーの容量減が発生する。
【0010】このメモリ効果の発生を防止する技術として、バッテリーの充電開始時に充電電流を供給する前に、バッテリーを一度DODが約100%になるまで放電した後、すなわち、完全放電した後充電を開始する、いわゆるリコンディショニング処理が知られている（特開平5-227671号公報参照）。このリコンディショニング処理により、メモリ効果によりバッテリー電圧が階段状に低下する現象を解消することができる。

【0011】ところが、電気推進車両に搭載されるバッテリーの容量は、例えば、20kWh程度と大容量であり、満充電（0%DOD）後の実質的な使用域が50%DOD程度であると仮定しても、残存容量（残存エネルギー）が10kW程度となり、充電時に毎回リコンディショニング処理による放電を実施しようとする、例えば、4kWクラスの放電システムにより放電したとしても2時間以上かかり、その分充電時間が延長されてしまい、現実的でないという問題が発生する。しかも、単に、放電すると仮定すると、その10kWの電力が無駄

20

30

になるという問題も現れる。
【0012】したがって、特に、電気推進車両においては、メモリ効果の発生を検出した時点でのみリコンディショニング処理を実施するようにすれば効率的であるという知見が得られる。

【0013】バッテリーにおけるメモリ効果の発生を検出する手法は、以下に示すように、種々提案されている。

【0014】例えば、特開平5-77790号公報に公表されている技術は、バッテリーが満充電とされた状態から所定のバッテリー電圧に低下するまでの放電容量の積算値を求め、この積算放電容量が、定格放電容量より小さくなった場合に、メモリ効果が発生していると判定する技術である。図11を用いて説明すれば、定格放電容量を許容放電容量 P_0 、定格放電容量より小さくなった積算放電容量を放電容量 P_1 と考えることと等価である。

【0015】また、特開平4-186180号公報に公表されている技術は、放電時においてバッテリー電圧を一定時間毎にサンプリングすることで、バッテリー電圧が2度目に急降下する時点（図11を用いて説明すれば、最

50

初に急降下する時点が時点 t_1 であり、2度目に急降下する時点が時点 t_2 である。）をメモリ効果発生時点と検出する技術である。

【0016】さらに、特開平5-260674号公報に公表されている技術は、放電時のバッテリー電圧特性曲線の傾き値を算出し、放電を開始した後、一定時間内に2度目の急傾斜が発生した場合（図11を用いて説明すれば、最初に急傾斜が発生する時点が時点 t_1 近傍であり、2度目に急傾斜が発生する時点が時点 t_2 近傍である。）にメモリ効果が発生していると判定する技術である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のメモリ効果の発生検出技術は、無線機や液晶ディスプレイあるいはバッテリーチャージャに適用された技術であり、これらの機器において、バッテリー電圧の変化は、比較的緩やかな変化、いわゆる静的な変化であるといえる。

【0018】しかしながら、図12に示す電気自動車の市街地走行モードにおけるバッテリー電圧の変化特性から理解されるように、電気推進車両においては、バッテリーの放電電流値が、アクセルペダルの踏み加減、いわゆるアクセル開度に応じて常時大きく変動し、これに伴ってバッテリー電圧値も、いわゆる動的に変化するため、上述の従来技術による静的な変化に基づいてメモリ効果を検出する技術を適用してもメモリ効果を的確に検出することができないという問題がある。

【0019】また、電気推進車両においては、そのような動的変化状態においても、電池のメモリ効果による電圧降下と電池の劣化に基づく電圧降下を区別して識別することが要望されているが、これに応える技術は現在のところ提案されていない。

【0020】この発明は、このような課題を考慮してなされたものであり、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果および（または）電池の劣化を検出することを可能とする電池状態検出装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】この発明は、例えば、図1に示すように、電気推進車両11に動力源として搭載されるニッケル系2次電池15の電池状態を判別する電池状態判別装置において、電池の電圧値 V_B を検出する電圧センサ21と、電池から負荷12、13に流れる電流値 I_B を検出する電流センサ21と、電圧センサと電流センサのそれぞれの検出値を電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリ24と、このメモリに記憶した検出値に基づいて電池の内部抵抗値 R_c と電池の開放電圧値 E_c を演算し、電池内部抵抗値に基づいて電池の劣化を判別し、電池開放電圧値に基づいて前記電池のメモリ効果を判別する処理手段27、28、26とを備えることを特徴とする。

【0022】また、この発明は、前記処理手段により前記電池の劣化およびメモリ効果を判別したときに、前記電池の劣化とメモリ効果のそれぞれの判別結果を表示する表示装置を備えることを特徴とする。

【0023】さらに、この発明は、前記処理手段が、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池内部抵抗値と前記電池開放電圧値とを求めめることを特徴とする。

【0024】さらにまた、この発明は、電気推進車両に動力源として搭載されるニッケル系2次電池の電池状態を判別する電池状態判別装置において、前記電池の電圧値を検出する電圧センサと、前記電池から負荷に流れる電流値を検出する電流センサと、前記電圧センサと前記電流センサのそれぞれの検出値を前記電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリと、このメモリに記憶した検出値に基づいて前記電池の内部抵抗値を演算し、この電池内部抵抗値に基づいて前記電池の劣化を判別する処理手段と、を備えることを特徴とする。この場合、前記処理手段は、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池内部抵抗値を求めめることを特徴とする。

【0025】さらにまた、この発明は、電気推進車両に動力源として搭載されるニッケル系2次電池の電池状態を判別する電池状態判別装置において、前記電池の電圧値を検出する電圧センサと、前記電池から負荷に流れる電流値を検出する電流センサと、前記電圧センサと前記電流センサのそれぞれの検出値を前記電池の放電過程の複数の時点で記憶するメモリと、このメモリに記憶した検出値に基づいて前記電池の開放電圧値を演算し、この電池開放電圧値に基づいて前記電池のメモリ効果を判別する処理手段とを備えることを特徴とする。この場合、前記処理手段は、前記メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により前記電池開放電圧値を求めめることを特徴とする。

【0026】

【作用】この発明によれば、電圧センサと電流センサのそれぞれの検出値を電池の放電過程の複数の時点でメモリに記憶し、処理手段により、このメモリに記憶した検出値に基づいて電池の内部抵抗値と開放電圧値を演算しているので、演算結果の電池内部抵抗値に基づいて電池の劣化を判別でき、演算結果の電池開放電圧値に基づいて電池のメモリ効果を判別できる。

【0027】また、この発明によれば、処理手段により電池の劣化およびメモリ効果を判別したときに、それぞれの判別結果を表示装置に表示するようにしているので、電池劣化およびメモリ効果の判別時点を視認することが容易である。

【0028】さらに、この発明によれば、メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により電池内部抵抗値と前記電池開放電圧値とを処理手段により求める

ようにしているため、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果と電池の劣化を回帰分析により検出することができる。

【0029】さらにまた、この発明によれば、電圧センサと電流センサのそれぞれの検出値を電池の放電過程の複数の時点でメモリに記憶し、処理手段により、このメモリに記憶した検出値に基づいて電池の内部抵抗値を演算しているので、演算結果の電池内部抵抗値に基づいて電池の劣化を判別することができる。この場合、処理手段は、メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により電池内部抵抗値を求めるようにしているので、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果を回帰分析により検出することができる。

【0030】さらにまた、この発明によれば、電圧センサと電流センサのそれぞれの検出値を電池の放電過程の複数の時点でメモリに記憶し、処理手段により、このメモリに記憶した検出値に基づいて電池の開放電圧値を演算しているので、演算結果の電池開放電圧値に基づいて電池のメモリ効果を判別することができる。この場合、処理手段は、メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により電池開放電圧値を求めようにしているので、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果を回帰分析により検出することができる。

【0031】

【実施例】以下、この発明の一実施例について、図面を参照して説明する。なお、以下に参照する図面において、上記図10～図12に示したものと対応するものには同一の符号を付けてその詳細な説明は省略する。また、必要に応じて図10～図12をも参照して説明する。

【0032】図1は、この発明の一実施例が適用された電気推進車両11の構成を示している。

【0033】電気推進車両11は、走行用の駆動源である3相交流モータ12を有し、このモータ12には、動力源であるバッテリー（2次電池または単に電池ともいう。）15からインバータ回路13を介して電力が供給される。この場合、モータ12の出力は、インバータ回路13のデューティ比を制御する走行制御手段であるECU（electronic control unit）16により制御される。ECU16の入力ポートには、アクセルペダル17の踏み込み長さに対応した電圧が供給され、その電圧に応じてインバータ回路13のデューティ比が制御される。ただし、デューティ比が制御されても、バッテリー電圧VBが図10に示した放電終止電圧Vde以下の値になっている場合には、モータ12は規定出力を発生することができなくなる。

【0034】ECU16は、例えば、マイクロコンピュータで構成され、マイクロコンピュータは、周知のよう

10

20

30

40

50

に、中央処理装置（CPU）に対応するマイクロプロセッサ（MPU）と、このマイクロプロセッサに接続される入出力装置としてのA/D変換回路やD/A変換回路、I/Oポート、システムプログラム等が書き込まれる読み出し専用メモリ（ROM）、処理データを一時的に保存等するランダムアクセスメモリ（RAMであり、書き込み読み出しメモリ）、タイマ回路および割り込み処理回路等を1チップに集積したLSIデバイスとして提供される。

【0035】電気推進車両11に搭載されるバッテリー15としては、浅いDODで充放電を繰り返すと放電の初期に電圧が急降下する現象、いわゆるメモリ効果を有するが、小型で高出力、高容量のニッケル水素2次電池を用いる。この図1に示したバッテリー15は、公称値12Vの単電池が、例えば、20個直列接続された組電池の構成になっている。

【0036】バッテリー15の端子間電圧とインバータ回路13に供給される電流（電流値ともいう。）IBが電圧・電流検出器（電流センサと電圧センサ）21で検出され、この電圧・電流検出器21から単電池当たりの電圧値（データともいう。）VBと電流値（データともいう。）IBが出力される。単電池当たりの電圧値VBは、バッテリー15の端子間電圧を単電池の数で割った値である。

【0037】バッテリー15の温度（温度値または温度データという。）TBがバッテリー温度検出器22で検出され出力される。なお、この実施例において、実際上、検出器22は、アナログ信号の検出部（電圧計と電流計と温度計）と、検出部の電気的アナログ信号をデジタルデータに変換するA/D変換器とを含む。

【0038】これらの電圧値VBと電流値IBとは、マイクロコンピュータで構成される特性監視部20中の記憶部（メモリ）24に供給され、電流値IBは、放電電流量積算部25に供給される。半導体RAM等で構成される記憶部24には、一定時間（この実施例では、1秒）毎に電圧値VBと電流値IBとが連続的に記憶される。なお、特性監視部20は、ECU16と兼用してもよい。

【0039】放電電流量積算部25は、電流値IBと時間 Δh （これも、例えば、1秒毎）の乗算値 $IB \times \Delta h$ の積算値 $\Sigma (IB \times \Delta h)$ 、すなわち放電容量Pを出力し、電池開放電圧判定部26の一方の入力に供給する。なお、電池開放電圧Ecは、電池15の等価回路を抵抗器と理想電池と考えた場合の、理想電池の端子間電圧をいい、電池起電圧ともいう。

【0040】記憶部24から読み出された電圧値VBと電流値IBの所定個数のデータ群から、回帰直線演算部27において回帰直線（後述する）が演算され、その回帰直線から導かれる電池開放電圧Ecが電池開放電圧判定部26に供給されるとともに、回帰直線から導かれる

内部抵抗値Rcが内部抵抗値判定部28の一方の入力に供給される。

【0041】内部抵抗値判定部28の他方の入力にはバッテリー温度値TBが供給される。そして、内部抵抗値判定部28の判定結果に応じて、表示部30を構成するバッテリー劣化警告灯31が点灯制御される。また、電池開放電圧判定部26の出力によりメモリ効果警告等32が点灯制御される。

【0042】次に、図1例の動作を図2に示すフローチャートを参照しながら説明する。

【0043】まず、バッテリー15からインバータ回路13を通じてモータ12へ電流IBの供給が開始されると（ステップS1）、記憶部24を構成するメモリの記憶値が消去される（ステップS2）。この場合、記憶部24のメモリアドレスをパラメータJで表すとき、電流IBのメモリデータI(J) $\{I(J) = I(0), I(1), \dots, I(Jlim)\}$ と電圧VBのメモリデータV(J) $\{V(J) = V(0), V(1), \dots, V(Jlim)\}$ の全てがゼロ値にクリアされるとともに、パラメータJが $J \leftarrow 0$ とされる。パラメータJの値は、0, 1, ..., Jlimをとる。

【0044】バッテリー15の放電状態において、一定時間間隔 Δh 、具体的には、例えば、1秒毎に電圧・電流検出器21によって得られたデータVBとデータIBとが、メモリデータである電流値 $I(j) = I(0)$ 、電圧値 $V(j) = V(0)$ として記憶部24に記憶される（ステップS3）。

【0045】これと同時に、放電電流量積算部25において、放電電流の積算値、すなわち放電容量（アンペア・アワー）Pが次の（1）式に示すように計算され、電池開放電圧判定部26に供給される（ステップS4）。

【0046】

$$P \leftarrow P + I(j) \times \Delta h \quad \dots (1)$$

次に、（1）式で計算した放電容量Pが、予め定めた放電容量Pmaxを超えているかどうかを判断する（ステップS5）。放電容量Pmaxは、例えば、DODが90%の放電容量に設定される。

【0047】ステップS5の判断が成立した場合には、過放電警告処理を行い（ステップS6）、使用者からの使用停止命令の待機状態に入り終了する。なお、過放電警告処理は、例えば、燃料計の針の振れをエンプティ（E）位置側にする処理であり、表示灯、音声またはブザー等で知らせるようにしてもよい。

【0048】次に、1秒経過後に、パラメータjを1だけ増加させ、 $j \leftarrow j + 1$ とし（ステップS7）、次いで、メモリデータI(j)、V(j)の数が、設定値（Jlim）になったかどうかを判定し（ステップS8）、ステップS2～S8を繰り返して設定値（Jlim）になるまで、メモリデータI(j)、V(j)を取得する。

【0049】ステップS8の判断が成立した時点で、図3に示すように、インバータ回路13とモータ12から構成される負荷35に供給される電流をX、端子間電圧をY（実際の計算では、単電池当たりの端子間電圧）と定義したときの回帰直線を求める。ここで、図3において、バッテリー15は、理想電圧である開放電圧（無負荷電圧、起電圧）を E_c （ E_c は開放電圧値ともいう。）、バッテリー15の内部抵抗値を R_c （ここでは、単電池当たりの内部抵抗値）で表している。なお、實際上、バッテリー15の負荷35としては、電動コンプレッ

サで構成される空気調和装置も含まれる。
【0050】図3において、電圧Y、電流X、内部抵抗値 R_c 、および開放電圧 E_c の関係式は、(2)式のよ

うに得られる。

【0051】

$$R_c = - \{ J \lim \times \sum I(j) \cdot V(j) \} / \{ J \lim \times \sum I(j)^2 - (\sum I(j))^2 \} \quad \dots (3)$$

$$E_c = \{ \sum I(j)^2 \times \sum V(j) - \sum (j) \times \sum I(j) \cdot V(j) \} / \{ J \lim \times \sum I(j)^2 - (\sum I(j))^2 \} \quad \dots (4)$$

次に、ステップS4で計算してある現在の放電容量Pが比較的に深いDOD、例えばDOD=80%程度に対応する所定の放電容量 P_{lim} に達しているかどうかを判定する（ステップS10）。

【0053】現在の放電容量Pがその所定の放電容量 P_{lim} に達していない場合、言い換えれば、比較的に浅いDOD状態にある場合には（ステップS10：YES）、内部抵抗値 R_c の値はDODの値によらずに一定であるので、ステップS15以降のバッテリー15の劣化検出処理に移る。一方、所定の放電容量 P_{lim} に達している深いDOD状態にある場合には、内部抵抗値 R_c が急激に増加するので劣化判定を行うことができない（ステップS10：NO）。そこで、ステップS11以降のバッテリー15のメモリ効果の検出処理に移る。

【0054】バッテリー15の劣化検出処理では、バッテリー温度検出器22によって検出されたバッテリー温度TBを内部抵抗値判定部28に取り込む（ステップS11）。

【0055】次いで、バッテリー15の新品時（劣化が始まっていない時であり、未劣化時ともいう。）において予め作成した温度・未劣化時内部抵抗値テーブルを参照して、バッテリー温度TBのときの未劣化時内部抵抗値（新品時内部抵抗値ともいう。） $R_n(TB)$ を取り込む（ステップS12）。

【0056】図5において、実線は、等価的に、温度・未劣化時内部抵抗値テーブル $R_n \cdot TB$ を表しており、一点鎖線は、等価的に、温度・劣化時内部抵抗値テーブル $R_p \cdot TB$ を表している。この図5から、内部抵抗値 R_c は、低温になるほど、また寿命劣化が進むほど大きな値になることが分かる。この温度・未劣化時内部抵抗値テーブル $R_n \cdot TB$ は、内部抵抗値判定部28中の図

$$* Y = E_c - R_c \cdot X \\ = -R_c \cdot X + E_c \quad \dots (2)$$

図4は、メモリデータ $\{I(j), V(j)\}$ と関係式Y（電圧Y）の関係を表している。すなわち、メモリデータ $\{I(j), V(j)\}$ に対して関係式Yを回帰分析により求める。回帰分析によれば、関係式Yの傾きである内部抵抗値 R_c は、(3)式で求められ、関係式YのY軸切片である開放電圧値 E_c は(4)式で求められる。なお、この実施例において、メモリデータ $\{I(j), V(j)\}$ は、1秒毎にサンプリングして、これを1分間連続して取得した時の60組のデータである。この60組のデータ群に基づいて回帰分析を行うようにしている。

【0052】

*
示しない記憶手段であるROM中に記憶されている。

【0057】なお、図6は、複数のバッテリー15について、常温で測定した内部抵抗値 R_c と放電容量Pとの関係を表しており、DODが90%程度以上の放電の末期を除いて、内部抵抗値 R_c は、具体的には、未劣化時内部抵抗値 R_n と劣化時内部抵抗値 R_p とは、いずれも放電容量Pに依存せずにはほぼ一定値であることが分かる。

【0058】ステップS12では、図5に示した温度・未劣化時内部抵抗値テーブル $R_n \cdot TB$ から、ステップS11で測定したバッテリー温度TBに対応する未劣化時内部抵抗値 $R_n(TB)$ を取り込む。

【0059】次に、現在の内部抵抗値 R_c と未劣化時内部抵抗値 $R_n(TB)$ との差 $\{R_c - R_n(TB)\}$ をとり、その差 $\{R_c - R_n(TB)\}$ が一定の基準抵抗値 R_{lim} を超えていないかどうかを判定する（ステップS13）。

【0060】なお、基準抵抗値 R_{lim} は、図5に示すように、当該バッテリー温度TBにおける未劣化時内部抵抗値 R_n と劣化時内部抵抗値 R_p の差として得られる。この値は、温度にほとんど依存しない値であり、使用するバッテリー15の仕様が決定すれば、一意に定めることができる。もちろん、より正確には、温度に応じて値を変化させてもよい。

【0061】ステップS13の判定が成立した場合には、バッテリー15の内部抵抗値 R_c が大きな値になっているので、バッテリー15が劣化していると判断してバッテリー劣化警告灯31を点灯させる（ステップS14）。

【0062】なお、バッテリー劣化の警告は、警告灯31の点灯に限らず、音声、ブザー等によってもよい。このバッテリー劣化の警告は、ステップS13が一度成立した場合には、バッテリー15を交換するまで継続するように

構成してもよい。なお、警告の継続のために電力を消費しないように、警告灯は、ランプではなく、色表示を保持するように電気・機械的に構成してもよい。

【0063】一方、ステップS10の判定が成立した場合、すなわち、現在の放電容量Pが所定の放電容量 P_{lim} に達している比較的深いDOD状態にある場合には、バッテリー15のメモリ効果の検出処理に移る。なお、この実施例において、ステップS13の判定不成立後、およびステップS14のバッテリー劣化経過処理の後にもメモリ効果の検出処理に移るようにしているが、これらの場合には、ステップS2にもどるようにプログラムを変更してもよい。

【0064】ステップS10の判定が成立した場合、予め作成してある放電容量・正常時開放電圧テーブルを参照して、メモリ効果の発生していない正常時のバッテリー開放電圧 $E_n(P)$ を得る(ステップS15)。

【0065】図7において、2本の実線は、等価的に、それぞれ、温度が -10°C および $+70^{\circ}\text{C}$ ときのメモリ効果が発生していない開放電圧 $E_c = E_n$ の放電容量・正常時開放電圧テーブル $E_n \cdot P$ を示しており、一点鎖線は、メモリ効果が発生した場合の開放電圧 $E_c = E_m$ の放電容量・メモリ効果発生テーブル $E_m \cdot P$ を表している。放電容量・正常時開放電圧テーブル $E_n \cdot P$ は、電池開放電圧判定部26中の図示しない記憶手段であるROM中に記憶されている。

【0066】図7から、ステップS4で計算した放電容量Pに対する正常時開放電圧 E_n の値は、電気推進車両11の使用温度範囲の $-10^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ の間では、温度の影響を受けないことが分かる。言い換えれば、メモリ効果の発生を検出する場合には、温度を考慮する必要がない。この図7に示す放電容量・正常時開放電圧テーブル $E_n \cdot P$ から、放電容量Pに対する正常時開放電圧 E_n が $E_n = E_n(P)$ として得られる。

【0067】次に、この正常時の基準となるバッテリー開放電圧 $E_n(P)$ と、ステップS9で計算した回帰分析結果の現在のバッテリー開放電圧 E_c との差 $\{E(P) - E_c\}$ をとり、その差 $\{E(P) - E_c\}$ が一定の基準電圧差 E_{lim} を超えていないかどうかを判定する(ステップS16)。なお、この場合の基準電圧差 E_{lim} は、図7に示すように、バッテリー開放電圧 $E_n(P)$ とメモリ効果の発生している開放電圧 $E_m(P)$ との差として得られる。実際には、少し余裕を見て決める。この値も、上述の基準抵抗値 R_{lim} と同様に温度にほとんど依存しない値である。

【0068】図8は、温度 $T_B = 25^{\circ}\text{C}$ において、公称電圧値12Vのニッケル水素2次電池の単電池をDOD50%で使用し、その後、満充電とし、これを60サイクル繰り返した場合の開放電圧 E_c の測定値をプロットしたものであり、メモリ効果発生前の正常時の特性 $E_n \cdot P$ とメモリ効果発生後の特性 $E_m \cdot P$ を表している。

例えば、DODがDOD=70%のときをみた場合に、正常時の開放電圧 E_n に対してメモリ効果発生時の開放電圧 E_m が電圧降下分 ΔE_c だけ低下していることが分かる。

【0069】図9は、図8に示すDODがDOD=70%のときの、サイクルテストの前後での回帰直線の計算結果を表している。

【0070】電流IBがIB=0(A)のときの電圧VB(この値は、図3に示す電圧Yに対応する。)が開放電圧 E_c であり、正常な場合には、 $E_c = E_n = 12.7(V)$ 、メモリ効果が発生している場合には、 $E_c = E_m = 12.0(V)$ であることが算出される。電圧降下分 ΔE_c は、 $\Delta E_c = 0.7(V)$ と算出される。また、内部抵抗値 R_c は、いずれの場合にも、 $R_c = 16(m\Omega)$ であることが算出される。

【0071】ステップS16の判定が成立してバッテリー15のメモリ効果の発生が検出された場合には、メモリ効果警告灯32を点灯させる(ステップS17)。なお、メモリ効果の警告は、バッテリー劣化の警告と同様に、警告灯32の点灯に限らず、音声、ブザー等によってもよい。このメモリ効果の警告もバッテリーの劣化の警告と同様に、一度発生した場合に、バッテリー15の完全放電を行うまで継続するようにしてもよい。なお、上述したように、警告灯は、ランプではなく、色表示を保持するように電気・機械的に構成してよいことはもちろんである。

【0072】メモリ効果の発生が検出されなかった場合(ステップS16:NO)またはメモリ効果の警告処理を行った場合には、新たにバッテリー劣化の検出処理とメモリ効果発生検出処理を行うため、ステップS2にもどり、上述の処理を繰り返す。なお、一度メモリ効果の警告処理を行った場合には、メモリ効果の検出処理は、省略してもよい。

【0073】このように上述の実施例によれば、電圧VBと電流IBの比較的高速サンプリング結果の記憶データ群 $\{I(J), V(J)\}$ の回帰直線Y(図4参照)を、バッテリー12の状態(放電容量Pと温度 T_B)から一義的に算出しているので、電圧VBと電流IBとが頻繁に変動しても、温度 T_B に依存する内部抵抗値 R_c とバッテリーの開放電圧 E_c を容易に算出することができる。

【0074】また、上述の実施例によれば、あるDODにおいて算出した開放電圧 E_c を、予め求めてあるメモリ効果が発生していないときの基準となる正常時開放電圧 $E_n(P)$ (図7参照)と比較することで $\{E_n(P) - E_c > E_{lim}\}$ 、メモリ効果の発生を確実に検出することができる。

【0075】さらに、上述の実施例によれば、バッテリー15の劣化時には、バッテリー15の内部抵抗値 R_c が上昇する特性に着目し(図5参照)、回帰直線Yから求め

たバッテリー15の内部抵抗値 R_c と、予め実験等により求めてあるバッテリー温度 T_B に対応した正常時の基準内部抵抗値 $R_n(T_B)$ と比較することで $\{R_c - R_n(T_B) > R_{lim}\}$ 、バッテリー15の劣化を確実に検出することができる。

【0076】さらにまた、上述の実施例によれば、バッテリー劣化警告灯31の点灯を視認することにより、ユーザがバッテリー15の交換の必要性を適時に認識することができる。

【0077】さらにまた、ユーザは、メモリ効果警告灯32のみの点灯により、完全放電を行えば、バッテリー15の性能を回復すること、また、当該電気推進車両11の走行可能距離および最大加速力（出力）が低下していることをも認識することができる。なお、メモリ効果警告灯32の点灯とともに、いわゆるヘルプ機能により、メモリ効果発生に伴うこれらの指示または内容をディスプレイ上に表示するようにすることもできる。

【0078】さらにまた、上述の実施例によれば、バッテリー15の性能の低下を、バッテリー15の（寿命）劣化による低下と、メモリ効果の発生による低下とを分離して、しかも同時に検出することができるという効果が達成される。この場合、バッテリー15の劣化による場合には、完全放電を行っても所期の性能が回復しない。したがって、メモリ効果が発生した場合にのみ、完全放電によるリコンディショニング処理を行うことで、バッテリー15の性能を保証するとともに、不要な放電を行ってしまうことに基づくエネルギーの損失の発生、余分な作業時間の発生を解消することができる。すなわち、バッテリー15の劣化とメモリ効果の発生とを区別することができない従来の技術に比較して、このような利点が挙げられる。

【0079】なお、この発明は上述の実施例に限らず、例えば、電気推進車両としてオートバイ、トラック等に適用する等、この発明の要旨を逸脱することなく種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、電圧センサと電流センサのそれぞれの検出値を電池の放電過程の複数の時点でメモリに記憶し、処理手段により、このメモリに記憶した検出値に基づいて電池の内部抵抗値および（または）開放電圧値を演算しているので、演算結果の電池内部抵抗値に基づいて電池の劣化を判別でき、また、演算結果の電池開放電圧値に基づいて電池のメモリ効果を判別できるという効果が達成される。

【0081】また、この発明によれば、処理手段により電池の劣化およびメモリ効果を判別したときに、それぞれの判別結果を表示装置に表示するようにしているので、電池劣化およびメモリ効果の判別時点を正確に視認することができるという効果が達成される。

【0082】さらに、この発明によれば、メモリに記憶した検出値に基づき得られる回帰直線式により電池内部抵抗値と電池開放電圧値とを処理手段により求めるようにしているので、放電中に、電流値・電圧値が頻繁に変化する電池の使用状態においても電池のメモリ効果および（または）電池の劣化を回帰分析により検出することができるという効果が達成される。この発明は、特に、アクセルペダルの踏み加減によりバッテリーから出力される電流が頻繁に変化する電気推進車両等に適用して好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例が適用される電気推進車両の基本的な構成を示すブロック図である。

【図2】この発明の一実施例の動作説明に供されるフローチャートである。

【図3】電池の等価回路と負荷との関係説明に供される回路図である。

【図4】回帰直線の説明に供される図である。

【図5】バッテリー温度に対する内部抵抗値の変化特性を示す図である。

【図6】放電容量に対する内部抵抗値の変化特性を示す図である。

【図7】放電容量に対する電池開放電圧の変化特性を示す図である。

【図8】放電深度50%で60サイクル充放電を繰り返した前後における放電容量に対する電池開放電圧の変化特性を示す図である。

【図9】図8において、放電深度70%の点における回帰直線の計算結果を示す図である。

【図10】一般的に、バッテリーが正常時の場合の放電特性を示す図である。

【図11】メモリ効果が発生した場合の放電特性を示す図である。

【図12】電気推進車両の市街化走行時におけるバッテリー電圧の変化特性を示す図である。

【符号の説明】

11…電気推進車両	12…モータ
13…インバータ回路	15…バッテリー
16…ECU	17…アクセルペダル
20…特性監視部	21…電圧・電流検出器
22…バッテリー温度検出器	24…記憶部
26…電池開放電圧判定部	27…回帰直線演算部
28…内部抵抗値判定部	30…表示部
31…バッテリー劣化警告灯	32…メモリ効果警告灯
IB…バッテリー電流	VB…バッテリー電圧

15
P…放電容量（放電電流の積算値）
（パラメータ）

I (J) …電流 I B のメモリデータ
B のメモリデータ

E c …バッテリーの開放電圧
発生時の開放電圧

J …メモリアドレス

V (J) …電圧 V
B のメモリデータ

E m …メモリ効果
発生時の開放電圧

* E n …正常時（メモリ効果が発生していない時）の開放電圧

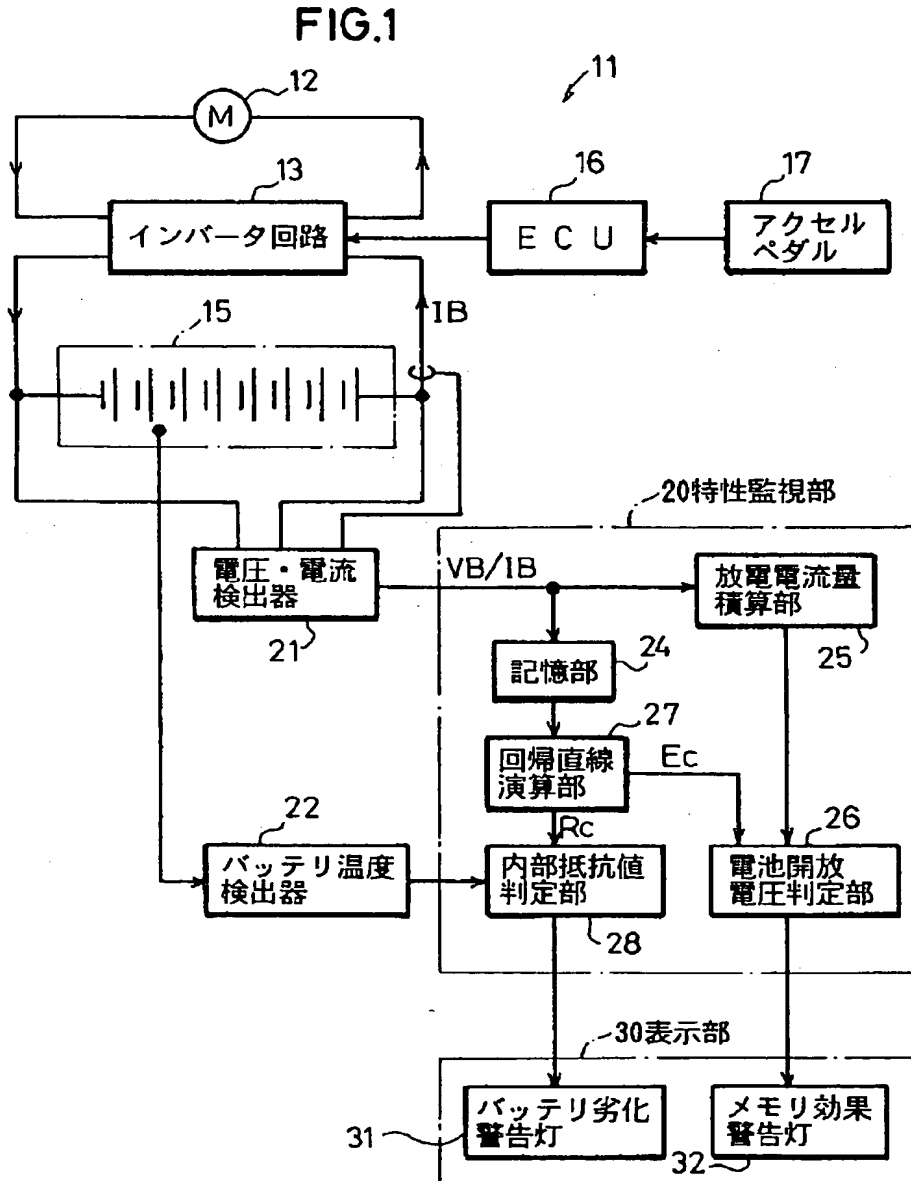
R c …バッテリーの内部抵抗値

R p …劣化時内部抵抗値

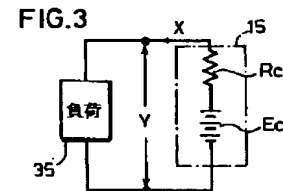
R n …未劣化時内部抵抗値

D O D …放電深度

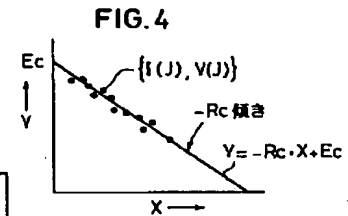
【図1】



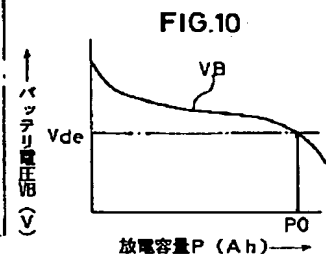
【図3】



【図4】

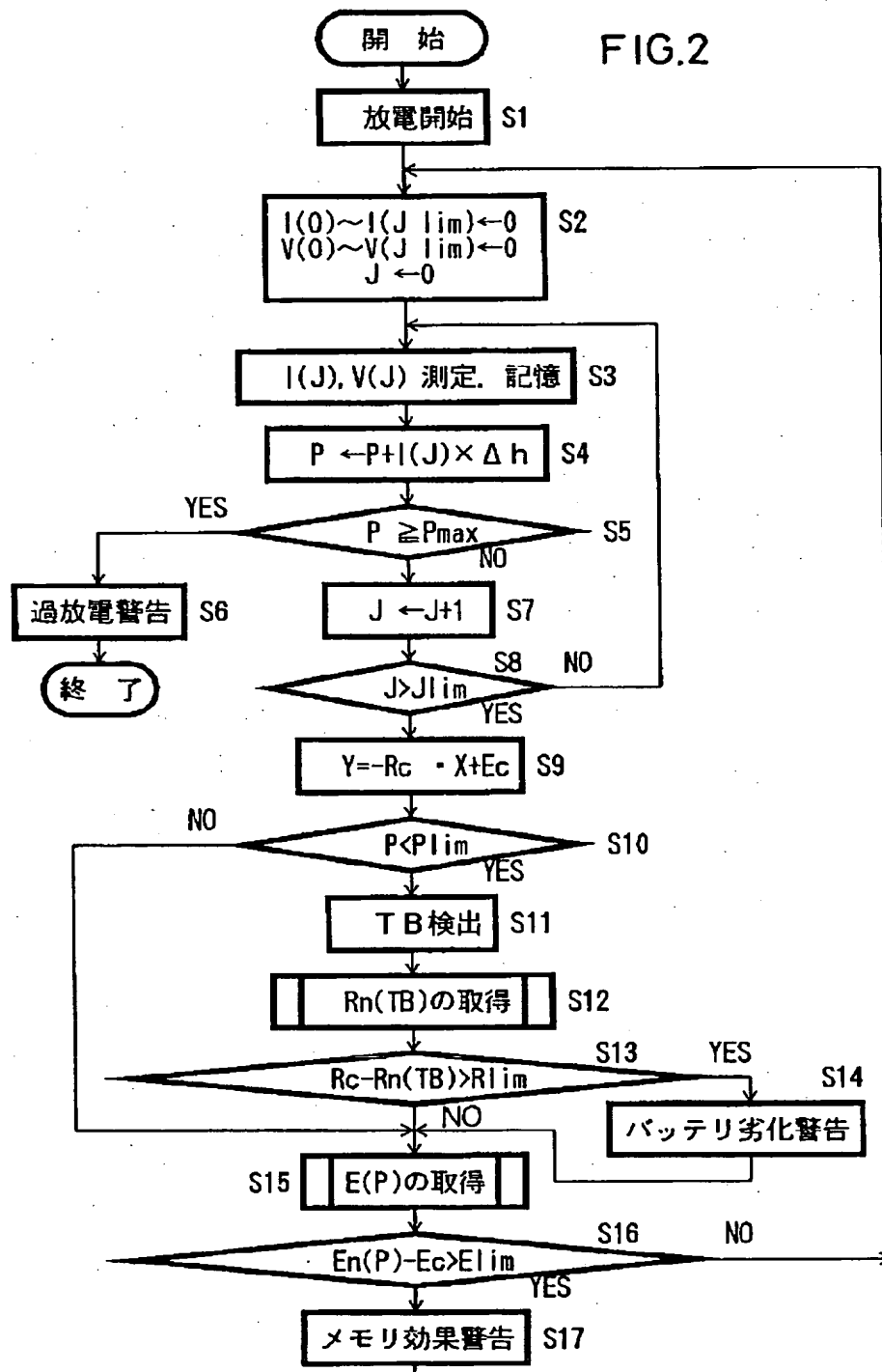


【図10】

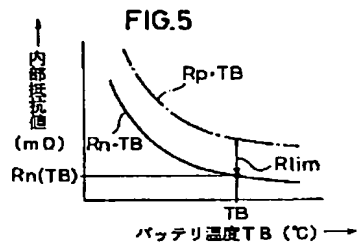


【図2】

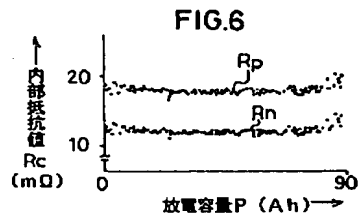
FIG.2



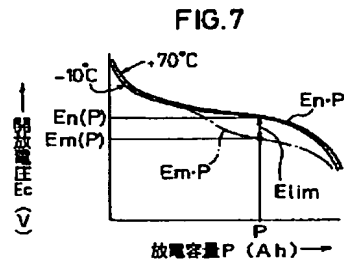
【図5】



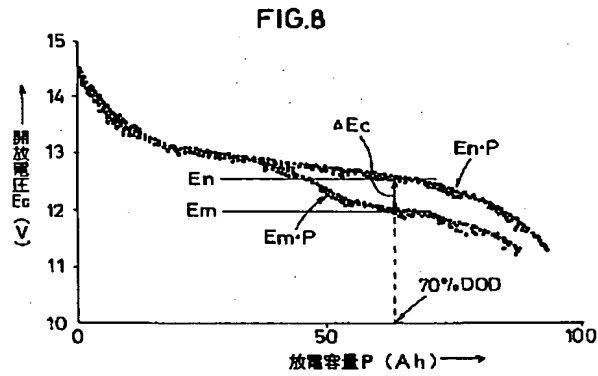
【図6】



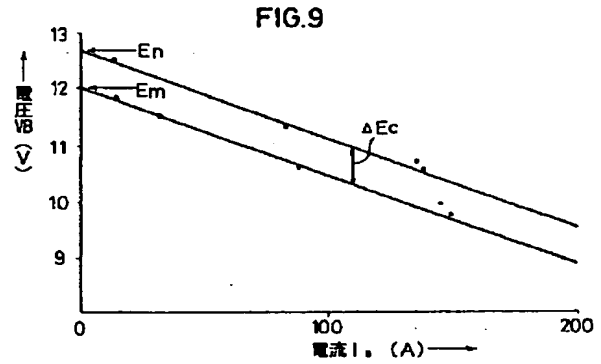
【図7】



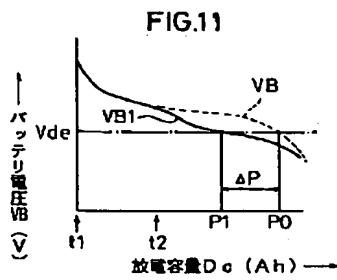
【図8】



【図9】



【図11】



【図12】

